Caractérisation des sols humifères, acides, développés sur les alluvions anciennes des gaves pyrénéens

par **G. CALLOT**
Service d'Etude des Sols — I.N.R.A. — MONTPELLIER

et **C. JUSTE**
Centre de Recherches Agronomiques du Sud-Ouest
PONT-DE-LA-MAYE

Dans la région des Pyrénées-Atlantiques, de vastes secteurs de Landes sont occupés par une végétation acidiphile avec ajoncs, fougères, bruyères, molinies, etc... appelée localement **« touyas »** ou **« landes à touyas »**. Cette lande résulte en fait de la destruction d'une chênaie primitive par suite des actions biotiques brutales (déboisement, coupes, pâturages...). Elle caractérise toujours des sols très acides, qui peuvent toutefois se développer sur des matériaux d'origine diverse (1). Nous limiterons notre étude aux « sols de touyas » formés sur les limons de recouvrement des alluvions anciennes des gaves de PAU, d'OSSAU et du CONE DU GER.

Les caractéristiques essentielles de ces sols résident dans la texture limoneuse assez uniforme sur tout le profil ; la teneur élevée en matière organique sur une épaisseur dépassant souvent 50 cm ; la réaction très acide et la forte désaturation (S/T généralement inférieur à 10 %).

Dans ces sols de couleur foncée, il est souvent difficile d'observer les manifestations morphologiques de l'hydromorphie. Toutefois, certaines caractéristiques analytiques et micromorphologiques tendent à montrer que leur genèse est liée à des phénomènes d'hydromorphie temporaire auxquels s'ajoute une intense activité biologique.

Dans la classification française, ces **sols acides humifères** pourraient être classés, intergrades entre les sols bruns acides et les sols humiques à gley blanchi. Dans la classification américaine, il s'agit de **vermique Haplumbrept.**

Cette note se propose de faire une mise au point sur ces sols particuliers, décrits et cartographiés dans diverses études agro-pédologiques réalisées par la Station Agronomique de Pont-de-la-Maye et le Service d'Etude des Sols de l'I.N.R.A. à Montpellier, suite à une réunion, après tournée sur le terrain, du Groupe Pédologie fondamentale.

---

(1) DELMAS J. et DUTIL P. (1964) : Les sols de touyas développés sur le Flysch crétacé du piémont pyrénéen. *Science du Sol* n° 2, pp. 43-52.

I. — LE MILIEU NATUREL.

1° LE CADRE GEOGRAPHIQUE.

Les sols que nous avons étudiés sont bien représentés dans deux régions naturelles du Sud-Ouest de la France, le Béarn et la Chalosse (PAU, situé au centre de la zone, montre les coordonnées suivantes : x = 0° 22' Ouest, y = 43° 18' Nord).

Le paysage caractéristique de cette région nord-pyrénéenne est constitué par de nombreuses collines séparées par de larges vallées, orientées Sud-Nord à la sortie des reliefs, puis s'infléchissant régulièrement vers l'Ouest. Au milieu de ces vallées, les rivières ou gaves ont déposé des terrasses fluviatiles constituées par des cailloutis, recouverts de limons.

La mise en valeur des terres occupées par la lande justifiait certaines études agro-pédologiques pour guider la fertilisation, principalement pour la culture du maïs, domaine dans lequel ce département est le premier producteur français.

2° LE CLIMAT.

Le climat des Pyrénées-Atlantiques est un climat doux et humide. La température moyenne annuelle est de 12°4 avec une moyenne de 7°1 pour les températures minima et de 17°7 pour les températures maximales. Les précipitations sont abondantes et bien réparties toute l'année avec un maximum en hiver et en mai. Cependant la pluviométrie des mois d'été est rarement inférieure à 60 mm et les brouillards fréquents accentuent encore, dans une certaine mesure, cette humidité.

Le tableau ci-après situe l'importance et le régime de ces précipitations avec l'absence d'un déficit estival.

Hauteur moyenne des précipitations (en mm)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Dax	110	101	109	101	89	88	64	67	92	136	132	144	1.240
Pau	112	93	81	95	110	91	57	77	85	102	99	134	1.136
Espoey	118	99	87	106	131	113	68	81	95	110	95	132	1.235
Lasseube	110	96	99	112	123	96	61	76	95	113	114	145	1.240

— moyennes de 1931 à 1960 pour Pau-Espoey

— moyennes de 1921 à 1950 pour Lasseube

La fréquence des pluies s'explique tout naturellement par les influences océaniques qui viennent régulièrement frapper les premiers reliefs. Ces conditions climatiques particulières définissent un climat océanique tempéré.

a) **Les diverses unités géomorphologiques.**

Dans cette région de piémont pyrénéen, il faut considérer plusieurs unités géomorphologiques bien distinctes, comme le montre la figure I.

- La **zone des collines,** constituée :
  - au Sud, par le Flysch crétacé montrant des faciès variés avec marnes gréso-schisteuses, schistes et poudingues,
  - au Nord, par les marnes et poudingues burdigaliens souvent couronnés de lambeaux caillouteux pliocènes.
- Les **hauts niveaux pliocènes** recreusés par les rivières et plongeant régulièrement vers le Nord, constituent essentiellement le cône du Ger développé à la sortie du glacier de Lourdes.
- Les **formatoins morainiques** bien visibles dans la région d'Arudy et de Lourdes correspondent à l'extension maximale des glaciers d'âge rissien, alors que les glaciers würmiens ne sont pas sortis des vallées et laissent de nombreuses moraines internes dans les vallées d'Ossau et du Gave de Pau.
- Les **différentes terrasses** constituées par des cailloutis d'origine fluvio-glaciaire sont surtout bien représentées dans les vallées des gaves de Pau, d'Ossau et d'Oloron.

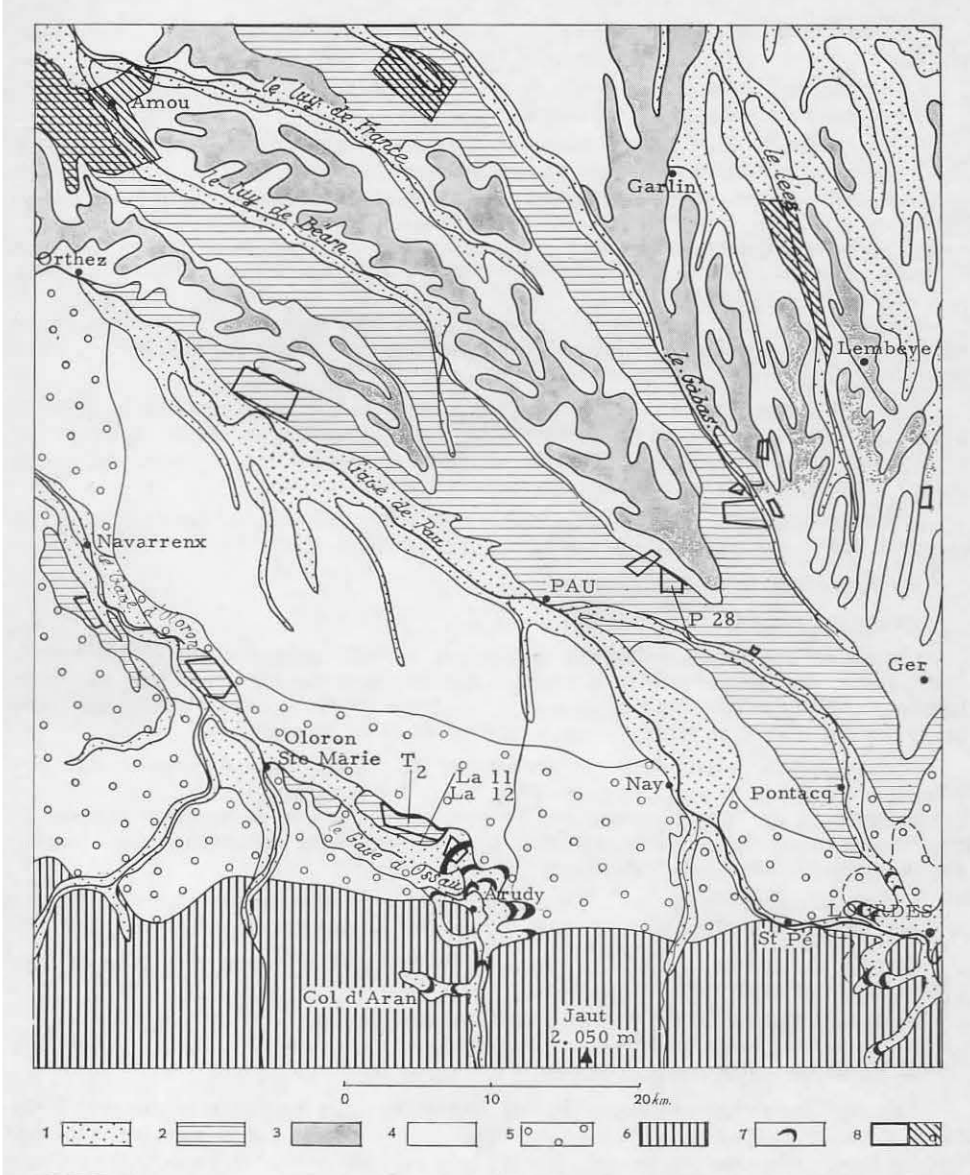


FIGURE I. — *Alluvions fluvio-glaciaires du Gave de Pau et de la Vallée d'Ossau d'après carte géologique au* 1/320.000

Alluvions caillouteuses :

1. Niveaux Würm et Riss.
2. Niveaux Mindel - Günz - Donau.
3. Pliocène.

Zones des collines :

4. Marnes schisteuses et pouddingues plio-burdigaliens.
5. Flysch crétacé.
6. Reliefs pyrénéens avec bancs calcaires jurassiques.
7. Extension maximale des moraines antérissiennes.
8. Situation des études pédologiques de référence (a - zones cartographiées).

Les cailloutis sont d'autant plus altérés qu'ils correspondent à des niveaux plus anciens :

— les basses terrasses würmiennes et rissiennes montrent effectivement des éléments frais, constituant un cailloutis filtrant,

— les cailloutis des hautes terrasses (Mindel, Günz, Donau) sont souvent très altérés, leur composition pétrographique est la suivante (1) :

— gave de Pau (coupe d'Espoey) : 50 % de quartzite à patine ; 17 % de roches granitiques ; 31 % de schistes et grès ; 1 % de quartz et 1 % de gneiss,

— gave d'Ossau (près Buzy) : quartzite, 63,3 % ; granites et roches métamorphiques, 9,7 % ; roches vertes, 3,8 % ; schistes gréseux, 19,5 % ; quartz, 1,7 % ; divers, 2 %.

Ces cailloutis sont généralement recouverts par des formations limoneuses (entre 40 cm et 2 m d'épaisseur) sur lesquelles se développent les sols actuels. Sur les hauts niveaux les limons sont généralement plus épais.

Une belle coupe située près de Nousty, à l'ouest de Soumoulou, montre le cailloutis Mindel du Gave de Pau (nappe de Pont-Long datée Mindel) très altéré, recouvert par un **paléosol rubéfié,** localement dégradé, au-dessus duquel se sont déposés des limons jaunes récents, würmiens, sur une épaisseur de 1,5 m environ.

C'est sur les hauts niveaux des terrasses (anté-Mindel) que se développent principalement les sols humifères, de couleur foncée que nous allons étudier.

b) **Nature des limons de recouvrement.**

GRANULOMETRIE.

L'étude de ces limons a déjà été faite par H. ALIMEN qui les classe en fonction de leur couleur, leur granulométrie, leur teneur en calcaire et les identifie à des sédiments loessiques. Elle distingue successivement : les loess jaunes récents (Würm), les loess bruns anciens (Riss) et les vieux loess rubéfiés (Riss ou Mindel).

N'ayant jamais relevé dans ces formations la moindre trace d'éléments calcaires, nous n'avons pu tenir compte de ces résultats, aussi nous avons effectué une analyse granulométrique sur une toposéquence de sol, afin d'essayer de préciser l'origine de ces limons, et voir leur relation possible avec les formations schisto-marneuses encaissantes (Flysch crétacé et Burdigalien).

La toposéquence choisie se situe sur la terrasse mindelienne du gave d'Ossau, aux environs de Buziet (vallée morte d'Ogeu prolongeant la moraine du glacier d'Arudy).

Comme le montre la coupe perspective de la figure III, nous distinguerons trois profils limoneux respectivement situés :

— sur pente des reliefs marno-gréseux encaissants (La 1).

— en bas de pente, en position morphologique de terrasse (La 2),

— au milieu de la terrasse (La 12).

Les courbes granulométriques (fig. II) effectuées dans les horizons moyens (entre 25 et 50 cm de profondeur) sont assez voisines dans leur ensemble et semblent souligner que les limons de recouvrement de cette terrasse sont en liaison étroite avec les produits d'altération du Flysch encaissant. Toutefois, l'analyse des courbes cumulatives et dérivées exprime quelques petites différences dans chaque station.

COURBES CUMULATIVES.

Pour le profil de pente (La 1), la courbe cumulative est du type logarithmique et correspond à des dépôts non organisés, confirmant ainsi la nature colluviale du sol.

Pour le profil (La 12) situé au milieu de la terrasse, elle est légèrement sigmoïdale dans la fraction (5-250 μ) exprimant une accumulation libre, où des matériaux initialement déposés dans le lit d'un cours d'eau, ont été repris soit par ruissellement, soit par le vent.

COURBES DERIVEES.

Les courbes effectuées sur les profils La 1 et La 12 montrent une médiane comprise entre 20 et 30 μ, alors que cette dernière se situe autour de 50 μ pour les loess

(1) D'après H. ALIMEN.

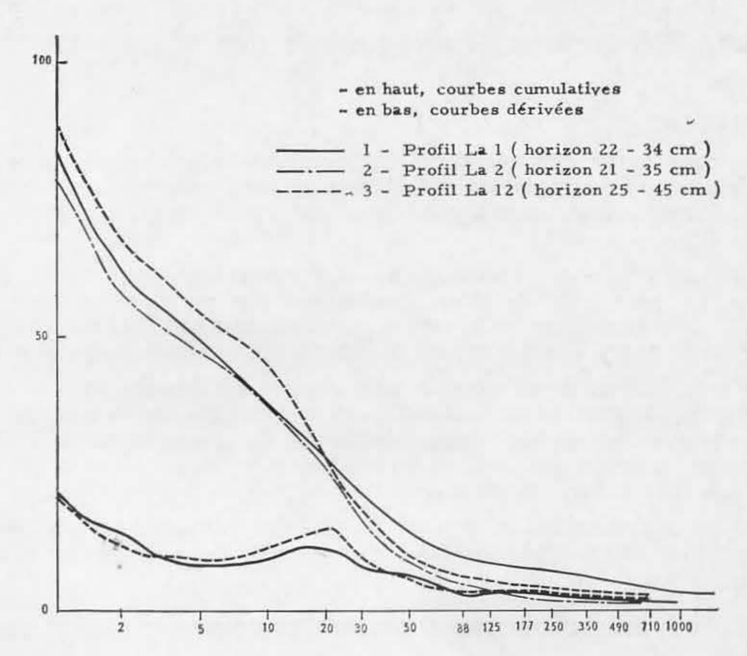


FIGURE II. — *Courbes granulométriques*

typiques. Toutefois, pour le profil La 12 du milieu de terrasse, la valeur de cette médiane est légèrement plus élevée tout en se rapprochant de la fraction 50 µ. Ceci confirme bien l'analyse de la courbe précédente exprimant que les limons de recouvrement de ces terrasses ont subi une reprise éolienne indéniable.

Cette contamination éolienne est d'autant plus nette lorsque l'on se déplace vers l'aval où les vallées sont plus larges. Les sols montrent alors une fraction limoneuse légèrement plus importante (56 à 60 % de limons totaux près de Lasseubetat, Buziet, Gave d'Ossau ; 65 à 70 % près de Moorlass, Gave de Pau ; 70-75 % près d'Amou, Luy de Béarn).

c) **Composition minéralogique.**

L'analyse minéralogique des limons de recouvrement des terrasses montre, dans cette région du Gave d'Ossau, un équilibre illite-interstratifié ; illite-vermiculite avec un peu de kaolinite qui pourrait provenir d'un léger remaniement du paléosol sous-jacent.

3° LA VEGETATION NATURELLE.

Sur ces alluvions anciennes à pédoclimat humide, la lande acidiphile est constituée essentiellement d'ajoncs (**Ulex européus** et **Ulex manus**), de fougères (**Ptéridium aquilinum**), de Fétuque ovine et Callune ; dans les zones plus humides, les espèces plus hygrophiles s'ajoutent aux précédentes avec **Molinia coerulea** et une forte proportion d'Ericacées, en particulier **Erica tétralix, E. ciliaris.**

Lorsque l'hydromorphie s'accentue, en zone tourbeuse, à côté de plusieurs espèces de mousses du genre **Sphagnum**, se développent également **Erica cinerea, E. tétralix** et **Molinia coerulea.**

Les espèces arborescentes n'existent que localement avec des arbustes tels que le saule (**Salix sp.**), le coudrier (**Corylus ovellana**) et sur les talus en bordure des parcelles, quelques chênes et châtaigniers.

Si ces zones de landes sont régulièrement fauchées pour la litière, de plus en plus, les secteurs défrichés, assainis, sont mis en culture (maïs, orge, blé).

II. — CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES PRINCIPAUX TYPES DE SOL.

1° LOCALISATION.

Comme nous l'avons déjà souligné dans la présentation géomorphologique, ces sols acides humifères se développent essentiellement sur les limons recouvrant les terrasses datées du Mindel dans les vallées d'Ossau et du gave de Pau, ainsi que sur le cône pliocène du Ger.

Nos diverses études agro-pédologiques et cartographiques effectuées dans cette région, nous ont permis de constater effectivement que ces sols humifères existaient sur toutes les alluvions anciennes du Mindel ou anté-Mindel. MM. FAVROT et SERVAT (1) en ont d'ailleurs décrits dans les régions d'Amou et d'Hagetmau sur ces mêmes niveaux.

Ces sols humifères se développent généralement en zones planes ou légèrement dépressionnaires, lorsqu'il existe certaines conditions d'hydromorphie temporaire souvent liées à la présence d'un sous-sol argileux **(paléosol).** Ce niveau imperméable freine pour autant l'infiltration rapide des eaux, et tend à conserver, dans ces matériaux limoneux, un pédoclimat humide favorisant l'accumulation de matière organique.

Sur les basses terrasses du Riss et du Würm, constituées par un cailloutis non altéré, très filtrant et recouvert par des limons récents, ces sols humifères, foncés, ne se développent pas.

2° MORPHOLOGIE ET MICROMORPHOLOGIE DES PRINCIPAUX TYPES DE SOLS.

S'il existe sur toutes ces terrasses alluviales des modifications locales du pédoclimat, liées aux variations de profondeur du cailloutis et au degré d'engorgement, les profils caractéristiques des sols de cette unité montrent d'une manière générale :

— une texture limoneuse uniforme,

— des horizons supérieurs humifères foncés, d'une épaisseur de 60 cm environ reposant sur un horizon blanchi. La limite brutale entre ces horizons est toujours interrompue par des entraînements de matière organique dus à l'intense activité biologique des lombrics. Le cailloutis siliceux de base apparaît, selon le cas, entre 1 m et 1,5 m, souvent surmonté par un paléosol rubéfié.

Comme nous l'avons déjà souligné dans le paragraphe précédent, les sols sont d'autant plus foncés qu'ils se situent dans des zones plus humides. Aussi pour étudier les quelques différences morphologiques qui résultent des variations locales du drainage, sous avons choisi 3 profils types situés respectivement :

— sur un léger dôme, en milieu bien drainé (La 12),

— en zone topographique plane (P. 28),

— dans une légère dépression (La 11).

Ces différents profils sont schématisés sur la figure IV.

a) **Zones bien drainées.**

Dans ces conditions, les sols ne présentent jamais de traces d'hydromorphie. Le profil de couleur brun gris foncé (10 YR 4/2) en surface, plus jaune brun (10 YR 6/6) en profondeur, ne montre pas d'horizon blanchi. Les entraînements de matière organique sont toujours très importants (cf. photo 5).

(1) Cf. références bibliographiques.

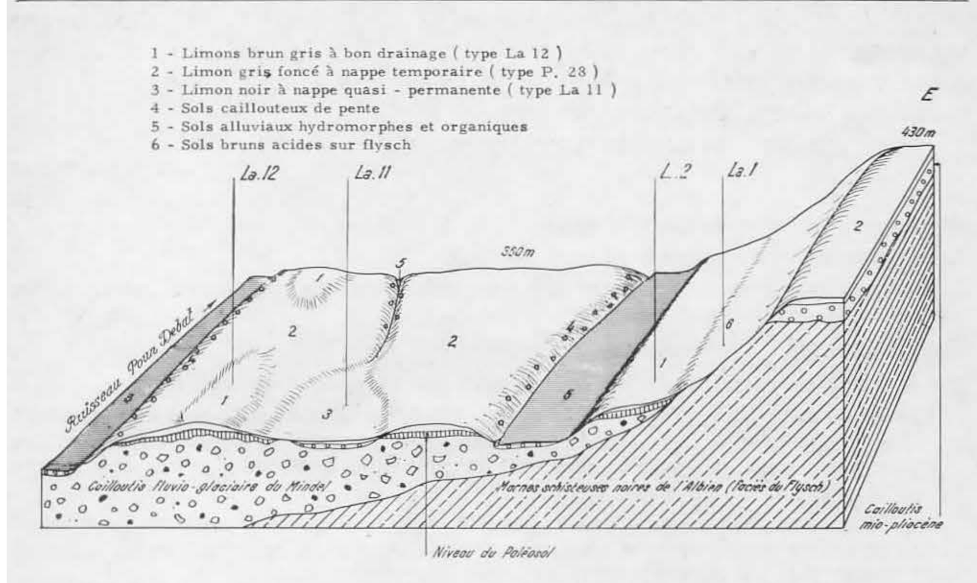


FIGURE III. — *Coupe perspective de la Vallée Morte d'Ogeu (Gave d'Ossau)*

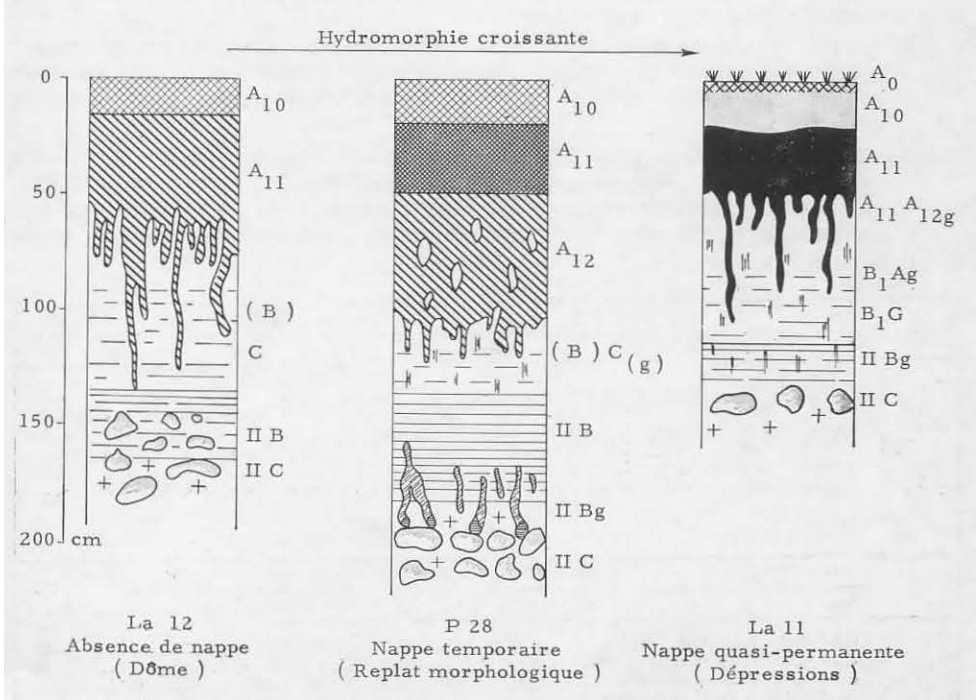


FIGURE IV. — *Aspects morphologiques de quelques sols noirs humifères développés sur les limons de terrasses mindéliennes*

PROFIL La_{12}

Date : 8 octobre 1968.

Localisation : LASSEUBETAT - BUZIET (64).

Carte 1/25.000 - OLORON-SAINT-MARIE n° 3-4.

x = 372,07
y = 99,15

Végétation : Défriche de Lande à touyas.

Topographie : Dôme aplati sur terrasse. Altitude : 358 m.

Substratum géologique : Cailloutis fluvio-glaciaire mindelien du gave d'Ossau (Vallée morte d'Ogeu).

Matériau originel : Limons brun jaune würmiens.

Etat hydrique du profil : Frais en surface, plus sec en profondeur. **Bon drainage.**

Ap 0-25 cm : Brun gris très foncé (10 YR 4/2) ; limon argilo-sableux ; structure grumeleuse très fine ; très friable ; excellente porosité ; très nombreuses petites racines, arrêt des grosses racines à 25 cm ; frais, quelques graviers de quartzite et grès ; limite régulière distincte.

A_{10} 25-54 cm : Brun gris foncé (10 YR 4/2) ; limon argilo-sableux ; structure polyédrique subangulaire très fine ; friable ; nombreux remplissages de trous de vers ; peu de racines ; limite régulière distincte.

A_{11} 54-78 cm : Brun gris très foncé (10 YR 3/2) avec quelques taches jaune brun (10 %) ; limon argileux ; structure polyédrique subangulaire fine ; friable ; bonne porosité ; nombreux trous de vers remplis de déjection ; limite régulière graduelle, marquée dans le détail par une digitation très dense d'entraînement organique provenant des horizons supérieurs.

A (B_1) 78-106 cm : Jaune brun (10 YR 6/6) avec 1/4 de traînées brun gris foncé (10 YR 4/2) ; limon argileux ; structure polyédrique très fine avec une surstructure qui a tendance à se développer ; friable, bonne porosité biologique ; limite régulière graduelle localement interrompue.

C B_1 106-128 cm : Jaune brun (10 YR 6/6) ; limon argileux ; structure peu développée à débit polyédrique fin ; friable ; quelques entraînements de A_1 dans les trous de vers ; quelques pigments rouilleux d'altération des grès. Limite régulière distincte.

II B_2X 128-150 cm : Jaune rouge (7,5 YR 6/6) et olive rouille (7,5 YR 5/8), argile limoneuse et cailloutis ; structure à débit polyédrique fin ; assez forte cohésion ; moyennement friable ; tendance à fragipan ; présence de revêtements argileux ; quelques pigments noirs. Nombreux cailloux et blocs psammites altérés, quartz et quartzite.

Hor.	Prof.	Granulométrie %						Matière Organique %				pH	pH
	cm	TF	SG	SF	LG	LF	A	MO	C	N	C/N	eau	KCl
Ap	0-25	100	4, 2	7, 3	19, 5	30, 1	25, 2	12, 0	6, 83	0, 44	15, 2	4, 4	4, 0
A_{10}	25-54	100	3, 1	9, 3	21, 4	36, 1	26, 7	4, 8	2, 75	0, 18	15	5, 1	4, 2
A_{11}	54-78	100	3, 1	8, 7	23, 0	34, 0	28, 7	2, 6	1, 70	0, 11	14, 7	4, 9	4, 3
A (B_1)	78-106	100	4, 1	10, 5	22, 5	34, 5	27, 5	1, 1	0, 64	0, 07	9	5, 1	4, 2
C B_1	106-128	100	3, 5	11, 5	23, 0	34, 8	27, 0	0, 6	0, 37	0, 05	6, 5	5, 4	4, 2
II B_2	128-150	98	4, 0	8, 5	19, 5	30, 8	34, 4	0, 7	0, 41	0, 06	6, 5	5, 2	4, 1

	Cat. échang. me/100 g					Taux	Al me/100 g	Fer %		L/T	Fe %	P_2O_5 ‰	Al ‰	
	Ca	Mg	K	Na	T	Sat.	échang.	tot.	lib.		amorphe	assim.	échang.	lib.
Ap	0, 94	0, 42	0, 32	0, 09	23, 9	7, 5	4, 76	2, 81	1, 93	0, 68	1, 92	0, 014	0, 399	2, 05
A_{10}	0, 24	0, 21	0, 09	0, 05	18, 3	3, 3	2, 67	3, 05	2, 10	0, 68	2, 20	0, 009	0, 241	1, 26
A_{11}	0, 24	0, 16	0, 05	0, 04	15, 3	3, 3	1, 86	3, 13	2, 05	0, 65	2, 00	0, 007	0, 168	0, 86
A (B_1)	0, 24	0, 18	0, 05	0, 04	10, 7	5	1, 57	3, 22	1, 95	0, 60	1, 98		0, 142	0, 78
C B_1	0, 47	0, 23	0, 04	0, 04	9, 7	8, 3		3, 20	2, 00	0, 59	2, 04			0, 97
II B_2	0, 24	0, 26	0, 04	0, 04	10, 4	6, 0		3, 65	2, 61	0, 62				

Micromorphologie : PROFIL La_{12}

A_{10} : Horizon de couleur brunâtre constitué essentiellement par de nombreux agrotubules souvent redistribués dans le plasma ; pigmentation de matière organique noire ; horizon très aéré avec quelques cavités.

Squelette, constitué de limons et quelques sables quartzeux, feldspaths, paillettes de muscovite et biotite, rares amphiboles.

Plasma, de couleur brunâtre coloré par de la matière organique humifiée, liée à la fraction minérale. La matière organique apparaît sous forme de très nombreux fragments brun noir de l'ordre de 10 μ mêlés à des fragments plus gros dans lesquels on note encore des structures cellulaires. Noter par contre peu ou pas de boulettes fécales à faible biréfringence. Assemblage élémentaire aggloméroplasmique localement intertexique. Pas de séparations plasmiques (Silasepic-fabric).

Vides, très nombreux, apparaissant sous forme de cavités régulières et alvéoles avec quelques chenaux résultant de l'activité des lombrics.

Traits pédologiques, absence de cutanes, présence de nodules brun foncé pouvant signifier une concentration fer-matière organique, globules bruns floconneux (gels ferriques). Agrotubule de type ortho. Quelques quartz craquelés avec concentrations ferriques dans les craquelures.

A_{11} : Horizon assez comparable au précédent mais de couleur brun clair avec agrotubules fréquents et fentes gauches. Apparition de taches jaunâtre clair.

Squelette, toujours constitué de limons quartzeux, avec nombreuses paillettes de mica, localement en voie d'altération.

Plasma de type aggloméroplasmique, de couleur brunâtre, nombreuses paillettes de mica en voie d'altération. Les éléments de matière organique brun noir sont toujours importants, mais moins dense que dans le A_{10}. Si d'une manière générale l'assemblage plasmique est silasépique, dans les taches jaunâtres (10 %) les paillettes de mica sont plus altérées et quelques séparations plasmiques apparaissent autour des vides (in-vosepic fabric).

Vides, chenaux ramifiés.

Traits pédologiques, présence de quelques papules, pédoréliques englobant des ferri-argilanes, nodules ferro-manganiques, concentrations ferriques et quelques grains de quartzites ferrugineuses.

$A(B_1)$: Horizon de couleur plus brunâtre avec chenaux bordés de matière organique, ou en voie de remplissage ; quelques nodules ferriques et sections de racines ; les taches claires et foncées donnent à cet horizon un aspect très hétérogène lié à l'intense activité biologique.

Squelette, toujours constitué de sables fins et de limons quartzeux, nombreux quartz craquelés avec réseau ferrugineux, apparition de quelques plagioclases, nombreuses paillettes de mica.

Plasma, de tendance générale aggloméroplasmique, montre une assez faible porosité. Dans les zones claires il tend à devenir intertexique et plus poreux avec peu de séparations plasmiques. Ailleurs, assemblage in-ma squelsépique et localement vosépique dans les zones brunâtres. Dans les zones foncées, plus riches en fragments organiques noirs, le plasma est silasépic.

Vides, chenaux et quelques fissures.

Traits pédologiques, apparition d'argilanes jaunâtres développées autour des fissures dans les zones jaune clair, quelques papules de ferri-argilanes, pédoreliques et nodules ferriques. Agrotubules de type méta.

Interprétation :

L'aspect micromorphologique montre que la **fraction organique** se présente ici sous deux formes :

— une partie rapidement décomposée, liée à l'argile, constituant le plasma des horizons A_{10} et A_{11},

— une fraction peu humifiée, apparaissant sous forme de nombreux fragments brun noir, d'aspect ligneux ou parfois arrondi (boulettes fécales secondaires). L'entraînement en profondeur de cette matière organique se fait essentiellement par l'intermédiaire des vers de terre (Agrotubules de type méta). On observe également de nombreuses boulettes fécales à l'intérieur des agrotubules.

S'il n'existe pas d'augmentation des teneurs en argile dans les horizons inférieurs (à l'exception du paléosol), il faut toutefois signaler l'apparition de quelques argilanes dans les zones jaune clair déferrifiées et moins riches en matière organique. Si ces cutanes ne correspondent pas à un lessivage important de l'argile, elles soulignent une réorganisation du plasma qui s'exprime sur le profil par une structure à tendance polyédrique que l'on note généralement (B).

PHOTO V. — *Sol de touyas bien drainé* (profil La 12)
Sol brun acide, isohumifère. Noter l'intense activité biologique marquée par la descente de matière organique de l'horizon A dans l'horizon (B_1)





PHOTO VI. — *Sol de touyas en milieu hydromorphe* (profil La 11)
Aspect morphologique de sol humique à gley blanchi. Noter le contraste entre les limons noirs des horizons supérieurs et les limons blancs déferrifiés par l'hydromorphie

b) **Zones planes.**

Contrairement aux situations précédentes, en zones planes, il est fréquent d'observer la présence d'une nappe temporaire. Le profil 28, décrit près de SERRES-MORLAAS, est un exemple caractéristique de cette série à **engorgement temporaire,** la plus largement représentée sur toutes ces alluvions anciennes.

En surface, les sols montrent alors une couleur généralement plus foncée que dans les cas précédents. La teinte gris foncé en humide (10 YR 3/1 à 3/2) s'éclaircit fortement en séchant (10 YR 6/2 - gris brun clair). Les horizons supérieurs organiques se distinguent très nettement des horizons sous-jacents, mais le passage est toujours interrompu par de nombreux entraînements de matière organique dus à l'intense activité biologique.

PROFIL 28

Date : 19 juillet 1967. X = 389,6

Y = 115,2

Localisation : SERRES-MORLAAS (64) - BASCOU. Carte 1/100.000 PAU.

Végétation : Maïs sur défriche de landes.

Topographie : Terrasse. Altitude de 250 m.

Substratum géologique : Cailloutis fluvio-glaciaire, mindélien du gave de Pau (Nappe de Pont-Long).

Matériau originel : Limons loessiques récents würmiens.

Etat hydrique du profil : Frais en surface, plus sec en profondeur. **Drainage moyen.**

A_{11} 0-20 cm : Gris très foncé (10 YR 3/1) en humide et gris brun clair (10 YR 6/2) en sec ; limon sablo-argileux humifère ; structure grumeleuse fine ; frais ; faible cohésion ; bonne porosité due à l'intense chevelu racinaire et l'excellente activité biologique ; nombreuses racines d'ajoncs et rhizomes de fougères ; finement micacé ; limite régulière distincte.

A_{12} 20-50 cm : Brun gris très foncé (10 YR 3/2) ; limon argileux humifère, structure grumeleuse très fine ; frais ; faible cohésion ; très bonne porosité liée à l'intense activité biologique (vers de terre en particulier) ; limite régulière, progressive.

A_{13} (B) 50-90 cm : Brun gris très foncé (10 YR 3/2) avec 10 % de taches jaune brun (10 YR 5,5/8) et 10 % de taches brun gris foncé (2,5 Y 4/2) * ; limon argileux structure polyédrique fine ; cohésion moyenne ; descente de matière organique le long des racines et dans les galeries de vers de terre ; limite irrégulière tranchée.

(B) A 90-130 cm : Jaune brun (10 YR 5,5/8) avec traînées brun gris très foncé (10 YR 3/2) et taches brun gris ; limon argileux ; structure polyédrique, bonne porosité par trou de vers ; arrêt des racines vers 100 cm ; limite régulière distincte.

II B(g) 130-180 cm : Brun jaune (10 YR 6/6) et brun jaune (10 YR 5/8) avec quelques traînées grises ; structure à tendance prismatique à débit polyédrique moyen, forte cohésion, 5 % de graviers, limite régulière distincte.

III C 180 cm : Cailloutis mindelien de la nappe de Pont-Long, très altéré à sa partie supérieure, contenant des quartzites à patine, des roches granitiques, des grès schisteux et quelques rares quartz.

Hor.	Prof. cm	Granulométrie %						Matière Organique %				pH
		TF	SG	SF	LG	LF	A	MO	C	N	C/N	eau
A_{11}	0-20	100	4,0	6,5	22,5	34,2	18,9	11,9	6,99	0,45	15,5	3,8
A_{12}	20-50	100	4,5	7,5	25,5	37,1	21,5	5,5	3,24	0,19	0,19	3,9
A_{13} (B)	50-90	100	4,5	7,0	25,5	39,0	22,6	2,9	1,70	0,10	0,10	4,0
(B) A	90-130	100	4,5	6,5	24,0	38,0	26,8	1,4	0,85			4,0
II B	130-180	95	4,5	7,0	21,5	35,0	31,8	0,7	0,41			4,2

Hor	Cat. échangeab. me/100 g				Taux	Al me/100 g	Fer %		L/T	P_2O_5 ‰
	Ca	Mg	K	T	Sat.	échang.	tot.	lib.		assim.
A_{11}	1,41	0,16	0,26	19,7	9,4	5,35	1,41	1,00	0,70	0,090
A_{12}	0,24	0,11	0,05	14,4	2,8	4,94	1,56	1,06	0,68	0,030
A_{13} (B)	0,24	0,11	0,04	16,2	2,4	3,90	1,64	1,12	0,68	0,030
(B) A	0,24	0,16	0,05	6,0	7,5	3,25	2,34	1,73	0,74	
II B	0,47	0,11	0,08	7,7	8,6	1,82	3,75	3,07	0,81	

c) Zones humides.

Dans les légères dépressions, la nappe est souvent peu profonde, mais présente encore des oscillations importantes pendant de courtes périodes. Pendant une grande partie de l'année la nappe se situe à la base des horizons moins humifères et lorsqu'elle

* Ces taches plus claires sur fond brun gris foncé soulignent d'une manière très discrète les manifestations de l'hydromorphie temporaire (appauvrissement en fer des taches grises et concentration dans les taches jaune brun).

descend plus profondément le profil montre alors un violent contraste entre les horizons supérieurs organiques et les niveaux inférieurs blanchis. Ce contraste est nettement plus accentué que dans les profils des sols précédents.

L'activité biologique paraît moins importante que dans les zones mieux drainées, toutefois on observe encore de nombreux entraînements organiques dans les trous de vers et le long des parois des prismes structuraux. Ces dépôts, d'ailleurs bien visibles en micromorphologie (cf. fig. VII) résultent des oscillations de la nappe phréatique qui dépose ces suspensions organiques le long des galeries et fissures.

Ces sols caractérisent le pôle humide de cette unité et pourraient être classés dans le sous-groupe des **sols humiques à gley blanchi** (1) comme le montre le profil La_{11} décrit dans la vallée d'Ossau (cf. photo 6).

PROFIL La_{11}

Date : 8 octobre 1968.

Localisation : LASSEUBETAT-BUZIET (64) - OLORON-SAINTE-MARIE n° 3-4.
Carte 1/25.000. X = 372,07
Y = 99,27

Végétation : Lande hygrophile à Molinia coerulae, Ulex manus, Erica tétralix...

Topographie : Dépression de terrasse. Altitude : 354 m.

Substratum géologique : Cailloutis fluvio-glaciaire de la nappe mindélienne de la vallée morte d'Ogeu.

Matériau originel : Limon de recouvrement sur cailloutis remanié.

Etat hydrique du profil : Très frais, avec nappe à 60 cm. **Drainage médiocre.**

AoA_{10}(g) 0-15 cm : Gris très foncé (10 YR 3/1) ; limon argilo-sableux, structure grumeleuse moyenne ; cohésion assez forte par les racines ; nombreuses racines avec taches rouille, grains de sable éolisés, limite légèrement ondulée graduelle.

A_{11} 15-40 cm : Gris très foncé (10 YR 3/1) ; limon argilo-sableux ; structure polyédrique fine avec enduits mats autour des agrégats ; faible cohésion ; porosité faible ; nombreux trous de vers ; limite irrégulière diffuse.

$A_{12}A_{11}$g 40-50 cm : Brun gris avec traînées brun gris foncé ; limon argilo-sableux ; grand prisme avec fissuration verticale et entraînement de limon et de matière organique sur les inter-surfaces ; friables ; remplissage de trous de rongeurs par horizon supérieur, limite irrégulière tranchée.

$A_1(B_1)$g 50-75 cm : Gris (5 Y 5/1) et gris foncé (10 YR 4/1) et quelques taches rouille (7,5 YR 6/8) ; limon argilo-sableux ; structure prismatique moyenne ; entraînement de matière organique dans les interfaces et dans les trous de vers ; très frais ; niveau d'oscillation de la nappe ; limite régulière diffuse.

(B_1)G 75-100 cm : Brun jaune clair (2,5 Y 6/4) avec taches gris olive clair (5 Y 6/2), limon argilo-sableux ; structure massive, débit à tendance prismatique grossière ; très frais ; venues d'eau ; auréoles rouille autour des trous de vers souvent colmatés par des remplissages secondaires.

Hor.	Prof. cm	Granulométrie %						Matière Organique %				pH	pH
		TF	SG	SF	LG	LF	A	MO	C	N	C/N	eau	KCl
$A_0A_{10(g)}$	0-15	100	2,7	8,8	16,5	26,7	28	14	8,19	0,55	15	4,9	4,0
A_{11}	15-40	100	3,1	11	19,5	27,8	31,7	7,0	3,78	0,22	17	5,0	4,15
Ag B_1	50-75	100	3,0	13,7	24,5	28,8	30	1,8	1,03	0,08	12,3	4,9	4,10
B_1 G	75-100	100	3,5	14,3	26,5	29,5	26,8	0,8	0,48	0,05	8,7	5,1	4,25

Hor.	Cat. échang. me/100 g					Taux	Fer ‰		P_2O_5 ‰	Al ‰		Fe %
	Ca	Mg	K	Na	T	Sat	tot.	lib.	assim.	échang.	lib.	amorphe
$A_0A_{10(g)}$	0,47	0,21	0,15	0,11	28,1	3,2	1,49	0,79	0,023	0,452	1,40	0,60
A_{11}	0,24	0,21	0,05	0,04	22,9	2,5	1,26	0,32	0,007	0,349	1,12	0,36
Ag B_1	0,24	0,18	0,05	0,06	11,8	4,5	1,85	0,90		0,275	1,00	0,80
B_1 G	0,87	0,28	0,05	0,06	7,8	16	2,40	1,31		0,227	0,69	1,26

(1) Dans les points bas, ces zones humides deviennent nettement marécageuses et les sols évoluent alors vers les sols organiques semi-tourbeux que nous avons exclus de cette publication.

Micromorphologie : PROFIL La_{11}

$AoA_{10}(g)$ et A_{11} : Ces horizons n'ont pas été décrits, mais sont comparables aux horizons A_{10} et A_{11} du profil La_{12}. Le plasma présente toutefois une teinte brunâtre plus foncée et les particules noires de matière organique apparaissent plus nombreuses avec nombreux fragments dans lesquels on retrouve encore la structure fibreuse du végétal.

$A_{11}A_{12}$ g : Plasma brun gris avec taches plus sombres et plus claires provenant de l'accumulation de matière organique et brassage par les vers de terre ; chenaux nombreux.
Squelette : Toujours limons et sables quartzeux avec paillettes de micas et grains de quartzite.
Plasma : Dans ce milieu organique il faut souligner certaines zones où le plasma brun foncé présente de nombreux fragments de matière organique et d'autres zones avec plasma plus clair et fragments organiques moins nombreux et plus petits. Si l'assemblage élémentaire est aggloméroplasmique, dans les zones foncées on n'observe pas de séparations plasmiques (sil-asepic) alors que dans les zones claires, les séparations plasmiques constituées par un mélange d'argile jaunâtre et de matière organique très fine semblent s'organiser autour des cavités (invosépique).
Vides : Essentiellement des cavités, chenaux et alvéoles présidant à la formation des agrotubules. Les cavités et chenaux sembleraient plus fréquents dans les zones plus riches en matière organique.
Traits pédologiques : Contrairement au profil La_{12} bien drainé, peu de nodules ferriques. Par contre dans les zones claires il semblerait se développer quelques organo-argilanes légèrement contrastées et faiblement adhérentes. Nombreux agrotubules de type méta. Boulettes fécales secondaires peu nombreuses.

A B_1g : Plasma très hétérogène, avec fond brun jaune, traînées jaunâtres et brun gris foncé (agrotubules), quelques petites taches rouille.
Squelette : Limons et sables quartzeux avec une dominante à 30 μ, nombreuses paillettes de biotite.
Plasma : Comparable à celui de l'horizon précédent (aggloméroplasmique à tendance porphyrique) avec développement dans les zones jaune clair de séparations plasmiques ma vo-squelsepiques.
Vides : Alvéoles et quelques chenaux, microporosité assez faible.
Traits pédologiques : Développement net dans les zones claires de quelques argilanes jaunâtres bien orientées et aussi d'organo-argilanes brun jaune foncé dont certaines apparaissent tachetées. Quelques nodules ferro-manganiques et concentrations ferriques autour des gaines d'anciennes racines et localement associées à la matière organique. Agrotubule de type méta avec forte concentration de matière organique brun foncé. Certaines concentrations plasmiques orientées à l'intérieur des cavités apparaissent mêlées de limon et de matière organique.

(B_1)G : Plasma jaunâtre clair avec nombreuses taches rouille et quelques plages gris clair. Les taches rouille se développent souvent autour d'anciens chenaux montrant des remplissages secondaires successifs.
Squelette : Idem précédent.
Plasma : Assemblage porphyrique avec une faible porosité. Dans les plages grisâtres de remplissage secondaire, l'assemblage est insépique. Dans les zones jaunâtres il est souvent ma-mo-squelsépique.
Traits pédologiques : Si dans certains secteurs les argilanes jaunâtres ont un aspect floconneux et peuvent se confondre avec des séparations plasmiques, d'autres par contre, fortement orientées et biréfringentes, se développent surtout à la périphérie des concentrations ferriques bordant les anciens chenaux. Ces concentrations ferriques apparaissent d'ailleurs très floconneuses (gels ferri-alumineux) et marquent souvent les séparations plasmiques ou se surimposent aux argilanes. Dans

certains secteurs on peut observer également d'importantes ferri-argilanes jaune rouge et d'importants dépôts d'argile floconneux mêlé de limon et de matière organique soulignant des phénomènes de lessivages secondaires souvent massifs (aspect de striotubule).

Interprétation.

Dans ces sols souvent gorgés d'eau, la migration en profondeur de la matière organique non décomposée se fait essentiellement sous forme de dépôts mêlés aux fractions limoneuses (isotubule). D'autre part, bien qu'il n'y ait pas analytiquement d'augmentation des teneurs en argile, il y a malgré tout apparition de cutanes d'argile, d'autant plus importants que les phénomènes d'hydromorphie sont bien développés (taches rouille). Dans ces conditions il semblerait donc que **la formation de ces argilanes soit liée à une phase d'hydromorphie et favorisée en particulier par les fluctuations d'une nappe temporaire.**

Les argilanes qui sont des concentrations plasmiques semblent donc résulter ici d'un déplacement peu important de l'argile (réorganisation du plasma), alors que l'illuviation massive, dite « secondaire », entraîne limon, matière organique et argile dans les fissures.

Dans ces sols organiques, soumis à la présence d'une nappe, le fer est très mobile et se concentre localement dans les zones rouille autour des pédotubules comme le montre le schéma micromorphologique de la figure VII. Les zones claires sont pratiquement dépourvues de fer.

3° CARACTERISTIQUES ANALYTIQUES.

Les résultats analytiques des profils précédents sont représentatifs des différentes séries. Dans l'interprétation des analyses, nous insisterons surtout sur les teneurs en matière organique, en fer et en aluminium (cf. profil T2, effectué près du marais de Temboux, OGEU-LES-BAINS - Série nappe quasi-permanente).

a) **La texture.**

En secteur non caillouteux, les horizons supérieurs de sols présentent une texture assez homogène voisine des limons (limon-argilo-sableux ou limono-sablo-argileux avec une faible teneur en sables grossiers). Sur les pentes, lorsque le cailloutis de base est peu profond, la texture devient plus argileuse et très caillouteuse.

Dans le détail, les diverses fractions granulométriques de la terre fine se répartissent généralement de la manière suivante :

Sable grossier	2 à 7 %
Sable fin	7 à 12 %
Limon grossier	20 à 25 %
Limon fin	32 à 42 %
Argile	18 à 28 %

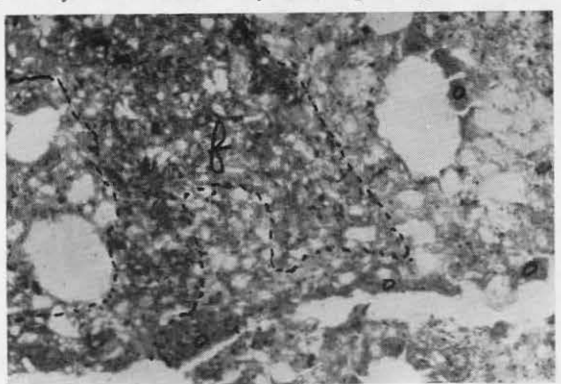
Cette granulométrie s'observe aussi bien sur les sols brun jaune bien drainés que sur les sols noirs plus humides. Toutefois, il faut noter en bordure des reliefs ou dans les zones recreusées une charge plus élevée en sables par suite des remaniements alluviaux, alors que dans les zones planes au centre des terrasses (Pont-Long, Amou, etc...), la fraction limoneuse plus importante peut montrer des valeurs en limons totaux supérieurs à 70 %.

Remarque : S'il existe dans les tableaux analytiques une légère augmentation des teneurs en argile avec la profondeur, celle-ci n'est qu'apparente car il faut tenir compte des diminutions de teneurs en matière organique. Ramenés à la fraction minérale, les pourcentages d'argile sont pratiquement constants dans tous les horizons d'un même profil.

b) **Matière organique.**

D'une manière générale, la teneur en matière totale est très élevée dans les horizons supérieurs et reste encore notable en profondeur où l'on observe souvent des valeurs de 1 à 2 % à un mètre de profondeur.

FIGURE VII. — *Aspects micromorphologiques d'un sol de touyas en milieu hydromorphe* (profil La 11)



1. *Horizon organique* A_1

(Grossissement × 22)

Au milieu du plasma aggloméré, asépique, noter l'abondance de fragments organiques, donnant localement au plasma une couleur plus foncée (zone f). Noter également le long des chenaux simples, les dépôts organiques foncés (organames - 0)



1, 2 - Remplissages secondaires : 1 - Isotubule de type méta avec nombreux fragments organiques non humifères (peu de séparations plasmiques), 2 - Isotubule de type ortho avec assemblage ma-mosépique et développement de quelques argilanes,

3 - Plasma jaune clair avec quelques plages grisâtres, assemblage ma-squelsépique avec paillettes de mica altéré et quelques argilanes développés le long des fissures,

4 - Plasma avec plages jaune ocre dues au développement de nombreux argilanes fortement orientés et biréfringents (zone où les mouvements d'argile sont les plus importants),

5 - Auréole rouille avec fortes concentrations ferriques d'aspect floconneux, masquant en grande partie le plasma (gels d'hydroxydes ferriques),

6 - Fragments organiques (diamètre de l'ordre de 100 microns),

7 - Vides.

2. *Détail d'un horizon blanchi*

PROFIL T2

Localisation : OGEU-LES-BAINS (64) - Marais de Temboux X = 369,72

OLORON-SAINTE-MARIE - 1/25.000e n° 3-4 Y = 99,65

Végétation : Lande à Ptéridium aquilimum, Ulex europeus, Molinia coepulea, Erica sp...

Topographie : Zone plane de terrasse, bordure de tourbière bombée.

Substratum géologique : Cailloutis fluvio-glaciaire mindelien de la vallée morte d'Ogeu.

Matériau mère : Limons récents (Würm) de recouvrement.

Etat hydrique du profil : Très humide, nappe à 60 cm. **Drainage médiocre.**

Description sommaire :

O 0- 2 cm : Litière peu individualisée.
A_{11} 2- 20 cm : brun gris foncé (10 YR 4/2), limon argileux, très humifère.
A_{12} 20- 40 cm : brun gris foncé (10 YR 5/2), limon argileux, humifère.
$A_{12}g$ 40- 80 cm : brun gris foncé (10 YR 5/2), limon argileux, moins humifère.
$(B_1)G$ 80-120 cm : jaune olive bigarré (5 YR 6/4), argileux peu humifère.

Caractéristiques des acides humiques de l'horizon de surface : 0-20 cm :

Teneur en cendres .... 51,5 % des acides humiques.
Carbone .... 21,13 % des acides humiques.
Azote .... 1,63 % des acides humiques.
C/N .... 12,9 % des acides humiques.
Fe_2O_3 .... 2,63 % des acides humiques.

Hor.	Prof. cm	Granulométrie %						Matière Organique %			
		TF	SG	SF	LG	LF	A	MO	C	N	C/N
A_{11}	2-20	100	1	10	19	26	22,5	14,8	0,84	0,045	19
A_{12}	20-40	100	1	11	21	28	24,3	8,3	0,48	0,028	17
$A_{12}g$	40-80	100	1	11,5	22,5	29,5	26,5	5,5	0,32	0,020	16
B_1G	80-120	100	0,5	12	23,5	32,3	29,5	1,1	0,06	0,005	11

Hor.	pH	pH	Cat. échangeab. me/100 g					Taux	Al me/100 g
	eau	KCl	Ca	Mg	K	Na	T	Sat	échang.
A_{11}	4,7	3,8	0,47	0,08	0,27	0,27	33,5	3,2	5,30
A_{12}	4,7	4,0	0	0,04	0,12	0,17	27	1,2	4,15
$A_{12}g$	4,8	4,2	-	0	-		-	-	2,87
B_1G	4,9	4,1	0	0,02	0,03		13	0,9	2,73

Après défriche, l'horizon supérieur contient encore 12 à 16 % de matière organique, mais après quelques années de culture, ces teneurs se stabilisent vers 7 ou 8 %.

Ces sols peuvent donc être considérés riches en matière organique et leur teneur est toujours supérieure à celle des sols voisins développés sur Flysch (1). Cette différence s'explique par le caractère hydromorphe plus marqué, lié à la position topographique plane et à la faible perméabilité de ces limons.

Le fractionnement des composés humiques fait également apparaître que les rapports acides fulviques/acides humiques supérieurs à l'unité, décroissent régulièrement avec la profondeur alors que ce rapport augmente dans les sols de flysch.

Cette observation concernant la distribution relative des acides fulviques et humiques le long du profil a pu être faite également dans le cas des podzols humiques hydromorphes développés sur sables des Landes, où l'on peut noter également une accumulation marquée des acides fulviques à la surface des profils, alors que, dans des conditions de drainage naturel très satisfaisantes, les acides fulviques migrent en abondance dans les horizons profonds.

Dans ces sols très acides, les rapports C/N voisins de 15-17 en surface, sont malgré tout assez faibles et peuvent peut-être s'expliquer par le développement d'une végétation améliorante comme les ajoncs (Ulex européens et manus) en zone peu humide. Il faut d'ailleurs constater que ce rapport C/N, comme la matière organique totale, augmente à mesure que l'on se déplace vers les sols plus hydromorphes (cf. tableau ci-après).

En résumé, la matière organique de ces sols humifères, très foncés, témoigne de leur caractère nettement **hydromorphe ;** l'importance même de l'accumulation organique et l'absence de migrations des formes les plus mobiles (acides fulviques) vers les horizons inférieurs constituent les deux éléments principaux de ce témoignage.

c) **Réaction du sol et complexe absorbant.**

Tous ces sols présentent une réaction très acide et les pH eau situés entre 3,8 et 5 augmentent très peu avec la profondeur de même que les pH K Cl compris entre 3,5 et 4,5.

Cette faible variation des pH résulte de quantités très importantes d'aluminium échangeable (pouvoir tampon élevé des solutions aqueuses suffisamment enrichies en aluminium qui masque l'acidité due aux protons échangeables).

La valeur élevée de la capacité d'échange (voisine de 20 me/100 g) dans les horizons A résulte des teneurs élevées en matière organique. La teneur en argile étant relativement constante, cette valeur diminue régulièrement avec la profondeur à cause de la diminution en matière organique.

Les cations majeurs Ca++, Na+, K+ et Mg++ sont très faiblement représentés dans le complexe et la somme des bases échangeables est souvent inférieure à 0,3 ou 0,5 meq/100 g de terre. Il s'en suit que le complexe est très fortement désaturé (souvent inférieur à 10 %).

Si l'on admet que l'aluminium est en position d'échange, cet élément représente selon les sols, 12 à 30 % de la capacité d'échange.

d) **Aluminium et fer.**

Les taux d'Al+++ échangeable sont toujours régulièrement décroissants avec la profondeur. Cette remarque témoigne du caractère hydromorphe. C'est ainsi que dans les podzols humiques hydromorphes développés sur les sables des Landes, la même répartition a pu être souvent observée ; dans les deux cas, la nappe a joué le rôle de frein vis-à-vis de la redistribution en profondeur de l'aluminium mobile ou des fractions les plus mobiles de la matière organique.

(1) A l'opposé, les sols de flysch ont une composition organique reflétant un meilleur drainage naturel. Dans ce cas les acides fulviques dominants donnent lieu à une migration très marquée en profondeur, en tout cas nettement supérieure à celle observée par DUCHAUFOUR et SOUCHIER dans les sols bruns acides et lessivés.

On observe également que le rapport du fer TAMM/fer soluble dans les acides forts a tendance à diminuer quand la profondeur augmente : cette tendance est la conséquence d'une élimination plus prononcée du fer dans les horizons profonds soumis pendant de plus longues périodes à l'action réductrice de la nappe ; la tendance à la teinte grise des horizons profonds résulte de ce phénomène de gleyification ; nous avons pu vérifier expérimentalement que le traitement répété de ces échantillons de sol avec des solutions d'acide ascorbique provoquait rapidement une diminution de leur teinte brune et une accentuation de leur teinte grise.

Cet appauvrissement en fer des sols hydromorphes s'observe très nettement sur le terrain : lorsque l'on effectue le drainage des zones humides, la sortie des tuyaux de drainage est rapidement colmatée par des gels d'hydroxydes ferriques, peut-être associés à l'aluminium.

En résumé, les caractéristiques analytiques concernant le fer et l'aluminium confirment les résultats se rapportant à la matière organique quand au caractère nettement hydromorphe de ces formations.

Le tableau ci-après souligne les variations des teneurs en matière organique et en fer avec l'intensité de l'hydromorphie et de la couleur. Il permet de constater qu'à teneur en matière organique égale, les sols sont d'autant plus foncés qu'ils sont plus pauvres en fer. D'autre part, il faut souligner également le faible taux de libération du fer en zone humide, signifiant qu'une grande partie du fer libéré en milieu réducteur est éliminé, ce qui explique également la décoloration des horizons inférieurs dits à gley.

III. — CONCLUSIONS GENERALES : GENESE ET CLASSIFICATION.

GENESE :

Comme nous l'avons déjà signalé dans la première partie, ces sols se sont développés sur des limons récents sur lesquels l'activité biologique a toujours été très intense (rongeurs et lombrics).

Cette activité biologique se manifeste essentiellement par l'intermédiaire des lombrics qui affectionnent particulièrement bien ce milieu riche en matière organique. L'accumulation de matière organique résulte d'une végétation florissante de lande hydrophile ou « touyas » développée sous un climat particulièrement humide toute l'année, et sur des matériaux limoneux conservant une grande partie de l'année un pédoclimat humide.

Malgré la forte acidité du sol, dans ce milieu humide, l'intense activité des vers de terre tend à approfondir le profil organique et le brassage continuel des horizons, freine d'autant le lessivage de l'argile.

Lorsque ces sols humifères évoluent en milieu d'hydromorphie temporaire (cas le plus général) ils s'appauvrissent en fer. Les horizons organiques prennent alors une teinte plus foncée alors que les horizons inférieurs limoneux peu humifères sont décolorés (gley ou pseudogley).

Dans les horizons inférieurs affectés par les fluctuations d'une nappe temporaire, apparaissent d'ailleurs des concentrations ferriques et des argilanes (taches rouille) autour des trous de vers. De même se manifestent dans les fissures des phénomènes d'illuvation secondaire entraînant, limon, argile et matière organique.

En hydromorphie permanente, les sols s'enrichissent considérablement en matière organique et passent alors à des sols humiques à Anmoor acide, puis à des Tourbes oligotrophes.

ESSAI DE CLASSIFICATION.

Ces sols humifères, bien que très acides ne présentent pas de caractères podzoliques (absence d'humus dispersé autour des grains de quartz - diminution avec la profondeur des teneurs en acide fulvique). Si la dominante des acides humiques pouvait laisser supposer un caractère crypto-podzolique, les faibles teneurs en hydroxyde de fer et en alumine libre de même que la décroissance de l'alumine excluent ce caractère.

RELATIONS FER - MATIERE ORGANIQUE DANS LES SOLS DE " TOUYAS ", développés sur les limons des terrasses des gaves de Pau et d'Ossau

NATURE DES SOLS	TENEUR en M.O. %		C/N		pH EAU	FER en %			COULEUR (surface) en humide	TYPES d'HUMUS (1)
	Hor. sup.	Hor. pr.	Hor. sup.	Hor. pr.		Tot.	Lib.	L/T		
Limons brun gris bien drainés Type La 12	7 (12) défriche	1	14-16	10	4,5 à 5	2-3	1,5-2,5	70 - 80	10 YR - 3/2 Brun gris très foncé	Mull acide, acides humiques dominants.
Limons gris foncé, à nappe temporaire. Type P 28	7 - 1 (12) défriche		14 - 17 Diminue faiblement avec la profondeur.		3,8 à 4,5	1,2-1,5	0,8-1,1	70	10 YR - 3/1 Gris très foncé	Mull acide, acides humiques dominants.
Limons brun noir à nappe quasi permanente. Type La 11 - T 2	14 - 8	3-1	15-19	10	3,5 à 4,9	0,6-1,5	0,2-0,8	30-50	10 YR - 2,5/1 Gris très foncé	Mull acide hydromorphe.
Limon brun noir à nappe permanente (Sol à Anmoor acide)	20-30	10-4	18 - 20 assez constant		4,8 à 5					Anmoor acide
Marais à Sphaignes	60		20 - 24		4,5 à 5,4					Tourbe acide

(1) D'après caractéristiques macromorphologiques et analytiques.

Enfin, si l'on considère uniquement les horizons limoneux recouvrant le paléosol, les teneurs en argile ramenées à la fraction minérale sont constantes sur tout le profil ; il n'existe donc pas de lessivage important en argile.

Comme nous l'avons souligné ci-avant, l'hydromorphie est un des facteurs qui a présidé au développement de la plupart de ces sols. Toutefois, lorsque cette hydromorphie n'a pas existé ou disparaît par suite du drainage ou de l'inversion de relief, les caractéristiques analytiques des sols restent sensiblement les mêmes à l'exception des teneurs en fer.

Aussi il nous paraît délicat de classer ces sols (série modale en zone plane type P 28) dans les sols hydromorphes. Pour souligner cette teneur élevée en matière organique sur une profondeur importante, nous proposons d'utiliser le terme **isohumifère** (1). Ces sols noirs des terrasses de gaves de Pau et d'Ossau pourraient alors être définis comme des sols **isohumifères désaturés,** intergrades entre les sols bruns acides humifères et les sols humiques à gley.

Dans le cadre de la classification américaine, ces sols correspondent à des Haplumbrept (Inceptisols présentant un horizon **umbrique)** ; toutefois, pour souligner l'intense activité biologique favorisant le développement du profil organique de l'ordre de 50 cm d'épaisseur, il serait utile d'ajouter un caractère **vermique** définissant alors des **Vermiques Haplumbrepts.** En milieu plus humide il faut noter également le caractère aquique et leur évolution vers les Humaquept.

Suivant l'importance que l'on attribue à l'hydromorphie ou à leur morphologie actuelle, ces sols de touyas peuvent être classés de manière très différente, mais sur le plan agronomique, ils restent avant tout des **sols humifères, très acides et fortement désaturés** sur lesquels toute fertilisation doit débuter avec un chaulage calco-magnésien important.

GLOSSAIRE SOMMAIRE DES TERMES DE MICROMORPHOLOGIE UTILISES

(D'après R. BREWER,
résumé par JAMAGNE M. et FEDOROFF N. dans Mém. hors série.
Société géologique de France, n° 5, 1969.)

Le **fond matriciel** englobe tout le matériel d'un agrégat élémentaire ou le matériel non agrégé dans lequel se développe la pédogenèse. Il comprend le plasma, le squelette et les vides.

Le plasma est la fraction du sol qui peut être déplacée, réorganisée et concentrée par des processus pédogénétiques. Il comprend tout le matériel, minéral et organique, dont la taille n'excède pas 2 μ.

L'assemblage élémentaire définit le mode de répartition des constituants les plus simples parmi le squelette, le plasma, la matière organique non colloïdale, associés à des agrégats ou non. Il peut être :

— **porphyrique,** le plasma apparaît comme une masse dense dans laquelle sont sertis les grains du squelette à la manière des phénocristaux dans une roche porphyroïde ;
— **aggloméré,** le plasma apparaît comme un remplissage assez lâche entre les grains du squelette ;
— **intertextique,** les grains du squelette sont liés par des ponts plasmiques ou sont disposés dans un plasma poreux ;
— **granulaire,** le plasma est absent.

La description des assemblages plasmiques est basée sur l'interprétation des propriétés optiques en nicols croisés. On décrit le mode de répartition des domaines biréfringents et le degré d'orientation des argiles minéralogiques.

Une **séparation plasmique** correspond à un changement significatif dans la répartition des constituants plutôt qu'à un changement dans la concentration d'une quelconque fraction du plasma.

Une **concentration plasmique** correspond à un changement dans la concentration d'une quelconque fraction du plasma.

(1) Nous n'employons pas le terme « isohumique » réservé aux sols à complexe saturé.

Un assemblage plasmique sans séparation plasmique est dit asepique, celui qui en possède est appelé sepique. On classe les assemblages plasmiques sepiques en :
— **insepique,** les séparations plasmiques à orientation striée constituent des plages isolées dans un plasma non biréfringent ;
— **mosepique,** les séparations plasmiques orientées, mais non ordonnées, sont prépondérantes dans le plasma ;
— **squelsepique,** les grains du squelette possèdent une auréole orientée ;
— **masepique,** les séparations plasmiques se regroupent suivant des directions privilégiées ;
— **lattisepique,** les séparations plasmiques discontinues, courtes, de forme elliptique, se regroupent suivant deux directions perpendiculaires ;
— **omnisepique,** les séparations plasmiques disposées sans ordre couvrent tout le plasma.

Un **cutane** est, soit une modification « in situ » du plasma, soit une concentration d'un constituant particulier du sol sur une surface naturelle. Il peut être formé de n'importe quel constituant du sol. Nous avons utilisé un terme plus imagé, celui de revêtement, sa définition n'est pas aussi précise que celle de cutane.

Suivant la composition des cutanes, on distingue des :
— **argillanes,** les minéraux argileux y prédominent, ils sont jaune clair, quelquefois blancs ; nous avons utilisé le terme de revêtement argileux ;
— **ferri-argillanes,** mélange de minéraux argileux et d'oxydes ou hydroxydes de fer ; nous avons utilisé le terme sesquanes, les sesquioxydes y prédominent.

D'après leur origine, les cutanes sont classés en cutanes d'illuviation, en cutanes de diffusion et en cutanes de tension.

Reçu pour publication le 4 janvier 1971.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier nos collègues du Service d'Etude des Sols de Montpellier et M. E. SERVAT, Professeur, Directeur du Service pour leurs critiques et les conseils judicieux qu'ils nous ont apportés dans la rédaction de ce travail.

Les analyses classiques ont été effectuées au laboratoire d'analyses du C.R.A.S.O., Pont-de-la-Maye. Direction : A. THEILLER.

Les dessins et graphiques ont été réalisés par les dessinateurs du Service d'Etude des Sols de Montpellier.

Bibliographie

ALIMEN H. (1964). — Le Quaternaire des Pyrénées de la Bigorre. *Mémoire de la S.G.D.F.* Paris, Imprimerie Nationale.

BARRERE P. et PAQUEREAU M.-M. (1960). — Les tourbières bombées de la vallée de l'Estarrés et leurs enseignements morphologiques. *Rev. Géogr. Pyr. et du S.-O.*, XXXI, 1960 (2).

BARRERE P. (1963). — La période glaciaire dans l'Ouest des Pyrénées Centrales franco-espagnoles. *Bull. soc. Géol. de France*, V, pp. 516-525.

BREWER R. (1964). — Fabric and Mineral Analysis of Soils. Division of Soils. *Research Organisation* (Australia).

CALLOT G. et BARTHES J.-P. (1969). — Etude agro-pédologique des « sols de Landes » des Basses-Pyrénées. Ronéo. *S.E.S.*, n° 115, C.R.A.M., Montpellier.

CALLOT G. et GUYON A. (1968). — Etude agro-pédologique des « sols de Landes » des Basses-Pyrénées. Ronéo. *S.E.S.*, n° 82, C.R.A.M., Montpellier.

CALLOT G., JUSTE C. et WILBERT J. (1969). — Excursion pédologique sur les sols de « Touyas » des Basses-Pyrénées. 8-9 mai 1969. I.N.R.A., Pont-de-la-Maye (33).

CLAIRON M. (1968). — Action comparée d'apports de chaux et de magnésium sur la fertilité d'un sol de défriche de touyas. *Bull. A.F.E.S.*, n° 6, 1968.

DARTIGUES A., DELMAS J. et DUTIL P. (1963). — Les sols de touyas des Basses-Pyrénées. Caractères pédologiques, agronomiques et possibilités de mise en valeur. *Congrès A.F.A.S.*, Rennes 1963.

DE CONINCK F. et RIGHI D. (1969). — Aspects micromorphologiques de la podzolisation en Forêt de Rambouillet. *Science du Sol*, n° 2.

DEJOU J., GUYOT J., MORIZET J., JAMAGNE M. et MARIN Marg. (1969). — Les sols noirs, très riches en matières organiques reposant sur les granites dans la région d'Eymoutiers - Peyrat-le-Château (Haute-Vienne). *Note complémentaire, Ann. Agron.*, 1969, 20 (5), pp. 517-526.

DELMAS J., DUTIL P. (1964). — A propos d'une unité pédologique dans la région des Basses-Pyrénées. Les sols de touyas développés sur le flysch crétacé du piémont Pyrénéen. Caractères généraux et conditions de mise en valeur. *Science du Sol*, n° 2, 1964, 43-52.

DELMAS J., JUSTE C., MOLOT P. et SOLDA P. (1967). — Evolution de l'azote minéral, du carbone, de l'aluminium échangeable et du pH dans un sol de touyas non cultivé, récemment défriché. *C.R. Acad. Agr.*, 1967, 1130-1138.

DUCHAUFOUR Ph. (1953). — Note sur la touya béarnaise et son sol. *Ann. de l'E.N.S.A.*, Toulouse I, 1953, pp. 69-71.

DUCHAUFOUR Ph. (1964). — Evolution de l'aluminium et du fer complexé par la matière organique dans certains sols. *Science du Sol*, n° 2, pp. 3-17.

DUCHAUFOUR Ph. (1968). — L'évolution des sols. Essai sur la dynamique des profils. Masson et Cie.

DUCHAUFOUR Ph., SOUCHIER B. (1965). — Note sur un problème de classification : Podzolisation chimique et différenciation du profil. *Pédologie*, XV, 143-158.
DUREAU P., JUSTE C. et DUTIL P. (1966). — Importance de l'ammonium rétrogradé dans quelques sols acides du Sud-Ouest Atlantique. *Ann. Agron.*, 1966, 189-194.
DUTIL P. (1964-1965). — Etudes pédologiques et agronomiques des sols de Landes de diverses communes des Basses-Pyrénées. *Documents dactylographiés*. Pont-de-la-Maye, C.R.A.S.O., I.N.R.A.
FAVROT J.-C. et SERVAT E. (1962). — Etude pédologique du périmètre de Samadet-Mant (Landes). *S.E.S. - I.N.R.A.*, n° 11, avril 1962.
FAVROT J.-C., PUECH J. et SERVAT E. (1963). — Etude pédologique en Chalosse. Luy-de-France et Luy-de-Béarn (Landes). *I.N.R.A. - S.E.S.*, n° 19, Montpellier, 1963.
ICOLE M. (1967). — Limons rouges quaternaires sur le Lannemezan : leur évolution pédologique. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 265, pp. 788-79?.
JUSTE C. (1965). — Contribution à l'étude de la dynamique de l'aluminium échangeable dans les sols acides du Sud-Ouest atlantique : application à leur mise en valeur. *Thèse*, Nancy, 1965.
JUSTE C., HAMADI M. (1965). — Acidité et aluminium échangeable de quelques sols du Sud-Ouest atlantique. *C.R. Acad. Agr.*, 1963, 582-584.
JUSTE C., HAMADI M. (1963). — Quelques observations relatives aux taux d'aluminium échangeable des sols de « touyas ». *Bull. A.F.E.S.*, n° 10, 1963, 437-441.
JUSTE C., SOLDA P. (1964). — Influence du chaulage sur la phytotoxicité de l'aluminium mobile d'un sol de défriche, riche en colloïdes minéraux. *Ann. Agron.*, 1964, 5-22.
JUSTE C., DUREAU P. — Production d'azote ammoniacal par décomposition thermique d'acides aminés associés à un sol argilo-limoneux. *C.R. Acad. Sc.*, 265, 1167-1169.
JUSTE C., DUTIL P. (1967). — Les sols d'altitude du Pays Basque. Caractères et possibilités d'amélioration. *Bull. A.F.E.S.*, 1-12.
JUSTE C., SOLDA P., LABORDE A., DARRIGRAND M. (1968). — Le chaulage et la mise en valeur des sols acides de défriche des Basses-Pyrénées. Résultats d'un essai de longue durée. *C.R. Acad. Agr.*, 1968, 290-296.
MARTIN D. (1969). — Les sols hydromorphes à pseudogley lithomorphe du Nord Cameroun (2e partie). *Cahiers O.R.S.T.O.M., Pédologie*. Vol. VII, n° 3.
TRICART J. — Principes et méthodes de la géomorphologie. Masson et Cie.
Livret-guide de l'excursion C 12 : Pyrénées-Orientales, Littoral basque et landais. *VIIIe Congrès I.N.Q.U.A.*, Paris, 1969.

CHARACTERIZATION OF HUMIC ACID SOILS DEVELOPED ON OLD ALLUVIAL FANS OF PYRENEAN « GAVES » TENTATIVE CLASSIFICATION

SUMMARY

In the region Atlantic Pyrénées, large areas of land covered with, gorse, ferns, heather, molinia are locally called « touyas » or « touyas heaths ».

The heath land which is the result of the destruction of original oak wood is always characteristic of very acid soils though they may develop on materials very different in nature.

We shall limit our study to the soils developed on loams covering ancient alluvions of the « gaves » of Pau.

Main features of these soils are their silty texture, their high content in organic matter on within a thickness more than 50 cm (isohumic feature), strong acidity and desaturation (S/T generally under 10 %).

In those dark coloured soils, it is often difficult to detect the morphological characteristic of hydromorphy. Hower, certain analytical and micromorphological datas seem to demonstrate their origin as linked to temporary hydromorphic phenomena, with an intense biological activity.

According to the French Classification those brown acid soils with isohumic features would be placed intergrade between acid brown soils, humic bleached gley soils. According to the 7th Approximation, they are vermic haplumbrepts.